

UNIVERSITAS BINA NUSANTARA

Jurusan Teknik Informatika
Skripsi Sarjana Komputer
Semester Ganjil tahun 2005/2006

Analisis dan Optimalisasi Algoritma Minimum-Cost Flow

Evan Leonardi
Mhd Irvan
Gede Ariadi

0600632034
0600651273
0600640004

Abstrak

Kehidupan manusia tidak terlepas dari jaringan dan manusia tentu akan mencari solusi terbaik untuk berinteraksi di dalam jaringan tersebut, seperti misalnya mencari solusi agar dalam jaringan pengiriman barang dapat dikirimkan barang sebanyak mungkin dengan biaya semurah mungkin. Jalur pengiriman barang tersebut dapat di representasikan dalam bentuk *Directed Graph*. Permasalahan seperti ini termasuk dalam kategori permasalahan *Network Flow*, dimana jumlah maksimal barang yang dapat dikirimkan termasuk permasalahan *Maximum Flow* dengan biaya minimal termasuk permasalahan *Minimum Cost Flow*. Semakin banyak data yang di proses maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mencari solusinya, karena itu diperlukan algoritma yang lebih efisien. Salah satu algoritma dasar untuk mencari solusi dari permasalahan *Minimum Cost Flow* adalah algoritma *Cycle Cancelling* yaitu dengan cara menghilangkan *Negative Cycle* pada *Graph*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan melakukan optimalisasi terhadap algoritma tersebut agar memiliki waktu proses yang lebih cepat. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan berbagai macam data uji, analisis algoritma dan pembuktian kebenaran, serta uji laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika menghilangkan *Negative Cycle* yang memiliki nilai rata-rata *cost* terkecil akan menghasilkan jumlah *cancelling* yang lebih sedikit daripada menghilangkan *Negative Cycle* secara acak. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa jika *Negative Cycle* yang dihilangkan adalah yang memiliki nilai rata-rata *cost* terkecil, maka secara umum akan memakan waktu proses yang lebih cepat.

Kata kunci :

Graph Algorithm, Network Flow, Maximum Flow, Minimum Cost Flow, Cycle Cancelling

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis dan Optimalisasi Algoritma *Minimum-Cost Flow*” dengan baik.

Skripsi ini merupakan karya ilmiah yang disusun penulis sebagai salah satu syarat kelulusan dalam jenjang pendidikan Strata-1 di Universitas Bina Nusantara. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak memperoleh dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-sebesarnya kepada:

1. Prof. Dr. Gerardus Polla, M.App.Sc selaku Rektor Universitas Bina Nusantara.
2. Ir. Sablin Yusuf, M.Sc, M.ComSc selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Mohammad Subekti, BE.,M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
4. Fredy Purnomo, S.Kom.,M.Kom selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika.
5. Tri Djoko Wahjono, Ir., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan.
6. Rekan-rekan di ATL yang senantiasa membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
7. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan semangat dan dukungan moril kepada penulis.
8. Teman-teman yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan semangat kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Jakarta, Januari 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar	i
Halaman Judul Dalam	ii
Halaman Persetujuan Hardcover	iii
Halaman Pernyataan Dewan Penguji	iv
Abstrak	v
Prakata	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xi
Daftar Table	xiv
Daftar Pseudocode	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4 Hipotesis	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Algoritma	6
2.1.1 Notasi Ω (Best Case)	8
2.1.2 Notasi Θ (Average Case)	8
2.1.3 Notasi O (Worst Case)	9
2.2 Graph	10

2.3	Queue	12
2.4	Breadth First Search (BFS)	14
2.5	Algoritma Topological Sorting	15
2.6	Algoritma Bellman Ford	16
2.7	Dynamic Programming	18
2.8	Linear Programming	19
2.8.1	Duality.....	21
2.9	Algoritma Push-Relabel.....	23
2.10	Minimum-Cost Flow	28
2.10.1	Kondisi Optimal yang Harus Dicapai	28
2.10.2	Cycle Canceling	32
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN		33
3.1	Analisis	33
3.1.1	Approximate Optimality	34
3.1.2	Properti	35
3.1.3	Kompleksitas	38
3.1.4	Pencarian Negative Cycle	38
3.2	Perancangan	40
3.2.1	Cycle Canceling	40
3.2.2	Pencarian Basic Feasible Solution	41
3.2.3	Pencarian Tinggi Minimum dari Masing-masing Vertex	42
3.2.4	Pencarian Negative Cycle	42
3.2.5	Mendapatkan Jalur Negative Cycle	43
BAB 4 EVALUASI		45

4.1 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras	45
4.2 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak	45
4.3 Penyajian Data Penelitian	46
4.4 Pengolahan Terhadap Data yang Terkumpul	47
4.5 Evaluasi	47
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Simpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
RIWAYAT HIDUP	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbandingan worst case, average case, best case	7
Gambar 2.2	Contoh Graph	10
Gambar 2.3	Directed Graph	10
Gambar 2.4	Undirected Graph	11
Gambar 2.5	Cycle	11
Gambar 2.6	Trees	12
Gambar 2.7	Operasi queue	13
Gambar 2.8	Operasi BFS	15
Gambar 2.9	Operasi Bellman Ford	17
Gambar 2.10	Maximum-Flow	24
Gambar 2.11	Representasi Flow	29
Gambar 4.1	Pengujian data jenis satu, worst case, optimalisasi, komputer 1	48
Gambar 4.2	Pengujian data jenis satu, worst case, awal, komputer 1	48
Gambar 4.3	Pengujian data jenis satu, avarage case, optimalisasi, komputer 1	48
Gambar 4.4	Pengujian data jenis satu, avarage case, awal, komputer 1	48
Gambar 4.5	Pengujian data jenis satu, best case, optimalisasi, komputer 1	48
Gambar 4.6	Pengujian data jenis satu, best case, awal, komputer 1	48
Gambar 4.7	Pengujian data jenis satu, worst case, optimalisasi, komputer 2	49
Gambar 4.8	Pengujian data jenis satu, worst case, awal, komputer 2	49
Gambar 4.9	Pengujian data jenis satu, avarage case, optimalisasi, komputer 2	49
Gambar 4.10	Pengujian data jenis satu, avarage case, awal, komputer 2	49
Gambar 4.11	Pengujian data jenis satu, best case, optimalisasi, komputer 2	49
Gambar 4.12	Pengujian data jenis satu, best case, awal, komputer 2	49

Gambar 4.13	Pengujian data jenis dua, worst case, optimalisasi, komputer 1	50
Gambar 4.14	Pengujian data jenis dua, worst case, awal, komputer 1	50
Gambar 4.15	Pengujian data jenis dua, avarage case, optimalisasi, komputer 1	50
Gambar 4.16	Pengujian data jenis dua, avarage case, awal, komputer 1	50
Gambar 4.17	Pengujian data jenis dua, best case, optimalisasi, komputer 1	50
Gambar 4.18	Pengujian data jenis dua, best case, awal, komputer 1	50
Gambar 4.19	Pengujian data jenis dua, worst case, optimalisasi, komputer 2	51
Gambar 4.20	Pengujian data jenis dua, worst case, awal, komputer 2	51
Gambar 4.21	Pengujian data jenis dua, avarage case, optimalisasi, komputer 2	51
Gambar 4.22	Pengujian data jenis dua, avarage case, awal, komputer 2	51
Gambar 4.23	Pengujian data jenis dua, best case, optimalisasi, komputer 2	51
Gambar 4.24	Pengujian data jenis dua, best case, awal, komputer 2	51
Gambar 4.25	Pengujian data jenis tiga, worst case, optimalisasi, komputer 1	52
Gambar 4.26	Pengujian data jenis tiga, worst case, awal, komputer 1	52
Gambar 4.27	Pengujian data jenis tiga, avarage case, optimalisasi, komputer 1	52
Gambar 4.28	Pengujian data jenis tiga, avarage case, awal, komputer 1	52
Gambar 4.29	Pengujian data jenis tiga, best case, optimalisasi, komputer 1	52
Gambar 4.30	Pengujian data jenis tiga, best case, awal, komputer 1	52
Gambar 4.31	Pengujian data jenis tiga, worst case, optimalisasi komputer 2	53
Gambar 4.32	Pengujian data jenis tiga, average case, optimalisasi komputer 2	53
Gambar 4.33	Pengujian data jenis tiga, best case, optimalisasi komputer 2	53
Gambar 4.34	Pengujian data jenis empat, worst case, optimalisasi, komputer 1	54
Gambar 4.35	Pengujian data jenis empat, worst case, awal, komputer 1	54
Gambar 4.36	Pengujian data jenis empat, avarage case, optimalisasi, komputer 1	54
Gambar 4.37	Pengujian data jenis empat, avarage case, awal, komputer 1	54

Gambar 4.38	Pengujian data jenis empat, best case, optimalisasi, komputer 1 54
Gambar 4.39	Pengujian data jenis empat, best case, awal, komputer 1 54
Gambar 4.40	Pengujian data jenis empat, worst case, optimalisasi komputer 2 55
Gambar 4.41	Pengujian data jenis empat, average case, optimalisasi komputer 2 55
Gambar 4.42	Pengujian data jenis empat, best case, optimalisasi komputer 2 55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pertumbuhan fungsi	8
Tabel 2.2	Primal Dual	21
Tabel 4.1	Perbandingan pengujian pada komputer 1	56
Tabel 4.2	Perbandingan pengujian pada komputer 2	57

DAFTAR PSEUDOCODE

Pseudocode 3.1	Cycle Canceling	40
Pseudocode 3.2	Maximum Flow	41
Pseudocode 3.3	Breadth First Search	42
Pseudocode 3.4	Detect Negative Cycle	42
Pseudocode 3.5	Membentuk Graph Baru	43
Pseudocode 3.6	Topological Sorting	44